

Université de Montréal

**Contribution à la validation d'un outil informatique pour
l'évaluation des surfaces corporelles brûlées**

par Svetlana Matei, M.D.

Programme Sciences biomédicales

Faculté de médecine

Mémoire présenté

en vue de l'obtention du grade de M.Sc.

en Sciences biomédicales

option générale

Août 2016

© Svetlana Matei, 2016

Résumé

INTRODUCTION L'évaluation de la surface corporelle brûlée, essentielle pour établir la réanimation volémique et statuer sur le pronostic, se base actuellement sur la transposition des brûlures observées sur des diagrammes en papier représentant des mannequins standard. Le but de ce projet est de contribuer à la validation d'un outil pour l'évaluation des ratios brûlés. Deux outils ont été proposés, un numériseur portable et les mesures anthropométriques.

MÉTHODES Quatre mannequins commerciaux avec différentes morphologies ont été sélectionnés. Chaque mannequin a été numérisé 10 fois avec un numériseur portable et une fois avec un numériseur de référence. Les surfaces corporelles totales ont été calculées et comparées. Dans un deuxième temps, 14 volontaires ont estimé la surface corporelle brûlée en utilisant les diagrammes papier et en dessinant sur un logiciel.

RÉSULTATS Les valeurs des surfaces corporelles totales obtenues avec le numériseur portable sont 0,812; 1,581; 1,711 et 1,916 m² pour les mannequins enfant, femme I, femme II et homme. Les résultats du numériseur de référence sont 0,815; 1,588; 1,716 et 1,918 m². Les ratios des surfaces brûlées des mannequins correspondent à 23,33; 22,67, 32,63 et 26,07 % pour les mannequins. Les estimations des surfaces brûlées obtenues avec les diagrammes en papier représentent 29,9; 32,5; 40,4 et 35,7 %. Les résultats obtenus avec le logiciel sont 23,5; 22,6; 32,1 et 25,1 %.

CONCLUSION Le numériseur portable reproduit avec précision et exactitude la surface corporelle totale. L'utilisation des données anthropométriques pour le calcul du pourcentage brûlé représente un outil plus précis et exact que les diagrammes papier.

Mots-clés données anthropométriques, numériseur portable 3D, surface corporelle brûlée, surface corporelle totale, validation outil

Abstract

PURPOSE Total body surface area burned assessment is currently based on the transposition of burns seen on paper charts representing standard models. The purpose of this project is to contribute to the validation of a tool for TBSA assessment. A handheld 3D scanner and anthropometrical measurements have been proposed.

METHODS Four commercial mannequins with different body shapes were selected. Each model was scanned 10 times with a handheld, white light scanner and once with a gold standard scanner. The images were transferred to a modelling software allowing to assess the total body surface. Total body surfaces were calculated and compared. Secondly, 14 volunteers estimated the total burned surface using paper charts and drawing on 3D virtual models.

RESULTS Values of the total body surface obtained with the handheld scanner are 0.812; 1.581; 1.711 and 1.916 m² for the child, female I, female II and male mannequins. The results of the gold standard scanner are 0.815 ; 1.588 ; 1.716 and 1.918 m². Burn extent ratios correspond to 23.33 ; 22.67 ; 32.63 and 26.07 % for the same mannequins. Estimated burned surfaces obtained with paper diagrams are the following : 29.9 ; 32.5 ; 40.4 and 35.7 %. Results obtained with the software are 23.5 ; 22.6 ; 32.1 and 25.1 %.

CONCLUSION The handheld scanner is a precise and accurate tool for the assessment of the total surface. Use of anthropometric data for the calculation of the body burned surface is a more accurate tool and less variable than the conventional paper charts.

Keywords : anthropometric measurements, handheld 3D scanner, total burned surface, total body surface, tool validation

Table des matières

Résumé	i
Abstact	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	vi
Liste des sigles	vii
Introduction	1
1. Contexte actuel de l'évaluation de la surface corporelle brûlée.....	1
2. Les méthodes traditionnelles d'estimation.....	2
3. Les logiciels et l'imagerie.....	5
4. Les numériseurs à lumière blanche.....	7
Hypothèse et objectifs de l'étude.....	9
Méthodologie.....	10
Résultats.....	19
Discussion.....	27
Conclusion.....	32
Références.....	33

Liste des tableaux

Tableau I	Caractéristiques techniques des numériseurs portable et de référence.....	11
Tableau II	Mesures des données anthropométriques.....	17
Tableau III	Mesures de la surface corporelle totale avec le numériseur portable (m ²)...	19
Tableau IV	Différences des moyennes MetraScan et Go!Scan3D.....	20
Tableau V	Mesures de la surface corporelle totale par les données anthropométriques et par le MetraScan (m ²).....	21
Tableau VI	Valeurs des surfaces brûlées représentés par les bandes collantes (m ²) et du ratio de surface brûlée (valeurs de référence) (%)	21
Tableau VII	Valeurs du ratio de surface brûlée (%) diagrammes de papier (D) et du logiciel (L).....	22
Tableau VIII	Ratio de la surface corporelle brûlée (%) par les diagrammes papier par les évaluateurs experts (E) et non experts (N-E).....	23
Tableau IX	Ratio de la surface corporelle brûlée (%) avec la method logiciel par les évaluateurs experts (E) et non experts (N-E).....	23
Tableau X	Ratios des surfaces corporelles brûlées (%) avec les diagrammes Lund-Browder (D) et le logiciel (L)	24

Liste des figures

Figure 1	Échelle de Lund et Browder : modèles adulte (haut) et enfant (bas).....	3
Figure 2	Estimation de la surface corporelle totale par la règle des neuf.....	4
Figure 3	Mannequins commerciaux avec différentes morphologies.....	12
Figure 4	Mannequins virtuels obtenus avec le numériseur portable et transférés sur le logiciel BurnInjuries.....	13
Figure 5	Exemple de calcul de la surface atteinte par le logiciel BurnInjuries.....	14
Figure 6	Diagramme Lund-Browder vitilize à l'Hôpital Hôtel-Dieu, Centre hospitalier de l'Université de Montréal.....	15
Figure 7	Diagramme d'estimation de la surface corporelle brûlée ajustée en fonction de l'âge au Centre universitaire de Sainte-Justine.....	16
Figure 8	Exemple de modèle généré avec le logiciel MakeHuman.....	17
Figure 9	Consignes d'utilisation pour colorier les surfaces atteintes sur le logiciel BurnInjuries.....	18
Figure 10	Exemple du calcul effectué avec le logiciel BurnInjuries pour le mannequin enfant.....	25
Figure 11	Exemple du calcul effectué avec les diagrammes papier pour le mannequin enfant.....	26

Liste des sigles

3D : *three-dimensional*

trois dimensions

ATLS : *Advanced Trauma Life Support*

CHUM : Centre hospitalier de l'Université de Montréal

LIO : Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie

TBSA : *Total body surface area*

Introduction

1. Contexte actuel de l'évaluation de la surface corporelle brûlée

Avec la prise en charge en centres spécialisés, l'espérance et la qualité de vie des grands brûlés se sont grandement améliorées au cours des dernières décennies. Le calcul du pourcentage de la surface totale corporelle (TBSA) présentant des brûlures de plus du deuxième degré est un élément clé crucial dans l'évaluation initiale du grand brûlé. La détermination précise de cette surface permet entre autres, d'établir les critères de transfert dans une unité de grands brûlés, de calculer les besoins volémiques et de statuer sur le pronostic vital et fonctionnel. Une erreur de calcul de la surface corporelle atteinte peut entraîner des complications médicales et chirurgicales significatives¹⁻⁴.

Les techniques d'estimation de la surface corporelle brûlée les plus couramment utilisées sont la règle des neuf⁵, les schémas de Lund-Browder⁶ ainsi que la surface palmaire du patient adaptée de la dernière technique. Les deux premières méthodes se basent sur la transposition des brûlures observées cliniquement sur des schémas représentant un humain avec des proportions corporelles fixes, alors que la surface de la paume du patient représente 1 % de sa surface corporelle. Des erreurs d'estimation peuvent se produire lors de la transcription imprécise des brûlures et dans les situations cliniques fréquentes où les morphologies particulières des patients ne correspondent pas aux proportions fixes décrites. Ceci est vrai dans la situation des patients avec une obésité tronculaire. Avec une incidence grandissante de l'obésité dans la population générale, ceci est particulièrement problématique^{2,7-10}.

Un élément crucial dans le traitement des grands brûlés est la réanimation volémique, c'est-à-dire l'apport liquidien que les patients brûlés nécessitent puisque la peau brûlée n'est plus une barrière contre la déshydratation. Décrite par Baxter et Shires, la formule de Parkland est utilisée depuis plus de 40 ans pour calculer le volume liquidien pour les premières 24 heures suivant la brûlure et dépend de la surface corporelle atteinte par la brûlure¹¹. La formule est la suivante:

$$\text{Volume liquidien} = 4 \text{ mL} \times \text{poids (kg)} \times \% \text{ de surface corporelle brûlée}$$

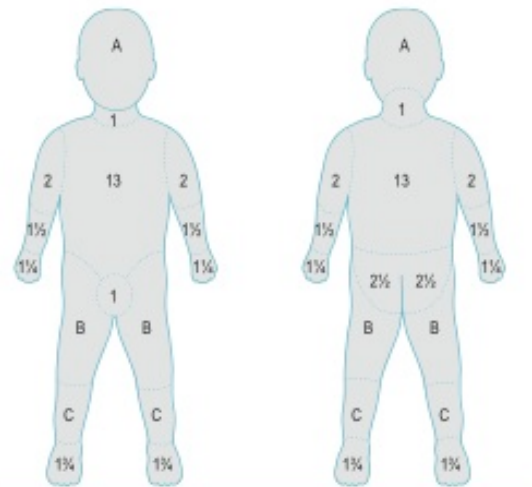
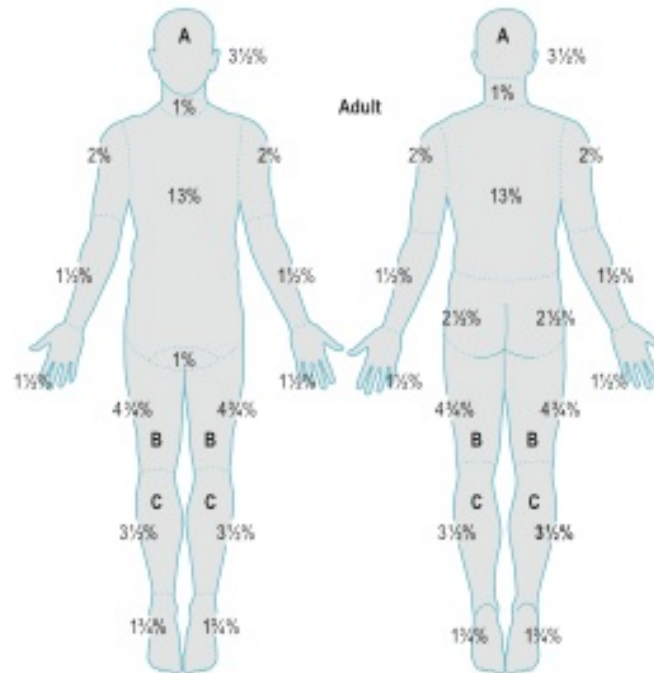
Le premier 50 % du volume liquidien calculé est donné dans les premières huit heures avec le restant qui sera donné dans les 16 heures suivantes. La réanimation volémique peut être biaisée par une évaluation de la surface corporelle déficiente à l'admission. Par conséquent, les patients obèses, ne représentant pas les proportions classiques de la règle des neuf utilisée largement en clinique, sont plus à risque de subir des complications à la suite d'une sous-réanimation liquidienne lors de leur admission¹². Par ailleurs, Klein soutient que les patients avec une surréanimation ont un risque accru de développer des complications infectieuses, syndrome de détresse respiratoire aiguë et de décéder durant leur hospitalisation¹³. De plus, le coût relié au transfert des patients dans une unité de grands brûlés peut constituer un facteur non négligeable. En effet, une étude australienne sur 698 patients a démontré que seulement dans 30 pourcent des cas, l'Unité des grands brûlés était en accord avec les centres référents concernant l'estimation de la surface corporelle brûlée, ces derniers ayant tendance à surestimer les pourcentages résultant dans des transferts inutiles¹⁴.

Dans la littérature, il existe plusieurs études ayant souligné les erreurs d'estimation de la surface corporelle totale brûlée, mais il semble toutefois y avoir des données contradictoires quant à la tendance exacte des imprécisions. En effet, certains auteurs ont démontré que les cliniciens sont plus à risque de surestimer des petites surfaces brûlées et de sous-estimer les grandes surfaces^{15,16}. D'autres auteurs sont d'avis qu'il y a une tendance systémique vers une surestimation^{10,14,17,18}.

2. Les méthodes traditionnelles d'estimation

Dans les années 1940, les schémas de Lund-Browder (Figure 1) ont été conçus pour faciliter l'estimation de la surface corporelle brûlée chez les enfants et les adultes et divisent les unités du corps en pourcentages⁶. Ce travail s'est basé sur l'étude originale de Du Bois et Du Bois¹⁹ qui en 1915 ont compartimentalisé chaque segment du corps humain en équations linéaires. En

Age	0-1	1-4	5-9	10-14	15
A – ½ of head	9½%	8½%	6½%	5½%	4½%
B – ½ of one thigh	9½%	8½%	6½%	5½%	4½%
C – ½ of one leg	9½%	8½%	6½%	5½%	4½%



Age	0-1	1	3	5	7
A – ½ of head	9½%	8½%	7½%	6½%	6%
B – ½ of one thigh	2½%	3½%	3½%	4%	4½%
C – ½ of one leg	2½%	2½%	2½%	2½%	2½%

Figure 1 Échelle de Lund et Browder : modèles adulte (haut) et enfant (bas) (Tiré de: Herndon DN, ed. Total Burn Care, 2nd edn. Edinburgh: Elsevier.)

faisant des mesures planométriques, les auteurs ont noté des corrélations avec des calculs géométriques sur la longueur et le diamètre des segments du corps humain. L'étude s'est basée sur des volontaires avec des masses corporelles entre 24 et 87 kilogrammes. La règle des neuf (Figure 2), décrite par Wallace en 1951, divise les unités du corps en multiples de neuf, afin de simplifier l'utilisation du schéma de Lund-Browder⁵. Cette règle s'applique pour l'estimation du pourcentage des surfaces atteintes chez l'adulte seulement. Ainsi, chaque bras correspond à 9 % de la surface corporelle totale, chaque jambe à 18 %, les troncs antérieur et postérieur représentent respectivement 18 % pour un total de 36 %, la tête 9 % et le périnée 1 %. Des deux méthodes, les schémas de Lund-Browder sont considérés les plus exacts²⁰⁻²². Toutefois, l'exactitude de ces techniques d'estimation a été remise en question pour les patients obèses Livingston et Lee démontrent grâce à des équations mathématiques que les calculs de Du Bois

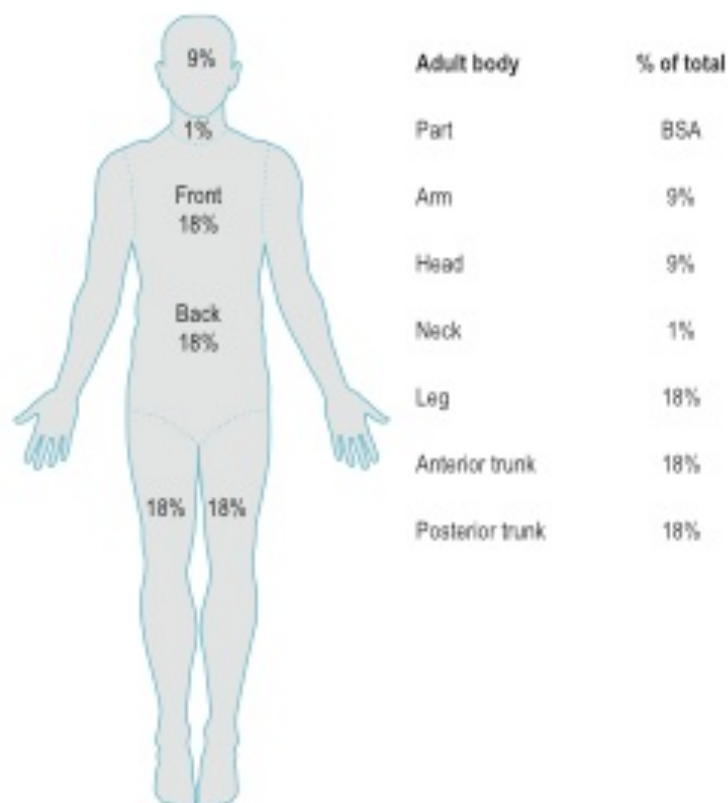


Figure 2 Estimation de la surface corporelle totale par la règle des neuf (Tiré de: Herndon DN, ed. Total Burn Care, 2nd edn. Edinburgh: Elsevier.)

et Du Bois sous-estiment la surface corporelle brûlée de 20 % chez les patients obèses²³. Par conséquent, les schémas de Lund-Browder ainsi que la règle des neuf qui en découlent, semblent s'appliquer aux personnes pesant entre 10 et 80 kilogrammes²⁴. En effet, la règle des neuf tend à surestimer la surface de la tête, des bras, des mains et des pieds chez les patients obèses²⁵. En 2000, Livingston et Lee publient un article dans lequel ils proposent une règle modifiée pour les patients pesant plus de 80 kilogrammes, soit la règle des cinq²⁴. Cette règle attribue 5 % de la surface corporelle totale à chaque bras, 20 % à chaque jambe et 50 % au tronc. Partant du principe que la tête des enfants occupe une plus grande proportion, les mêmes auteurs proposent la règle des huit pour les enfants de moins de 10 kilogrammes, avec 8 % pour chaque bras, 16 % pour chaque jambe et 32 % pour le tronc²⁴. Williams et Wohlgemuth proposent la règle des sept pour les patients avec obésité morbide après avoir étudié la surface corporelle totale chez des individus avec des morphologies de type androïde et gynécoïde⁷. Hidvegi démontre que l'évaluation des brûlures chez les femmes avec des seins volumineux peut être également sous-estimée; d'ailleurs, l'auteur propose une modification au schéma de Lund-Browder en fonction de la coupe de soutien-gorge²⁶. Il est intéressant de noter que dans ces études, les auteurs ont souligné que la règle des neuf tend à sous-estimer la surface corporelle brûlée chez les patients obèses. Toutefois, Rossiter propose que la surface brûlée peut être sur-estimée en utilisant la surface palmaire du patient. En effet, la surface de la paume constituerait 0,8 % de la surface corporelle chez les hommes et 0,7 % chez les femmes, ce qui serait un facteur de surestimation de 10 à 20 %²⁷. Il s'est également avéré que la notion de surface palmaire peut être une source de confusion dans les manuels de *Advanced Trauma Life Support* (ATLS), à savoir si on calcule la surface palmaire des doigts ou non²⁸. Rhodes a mis en valeur qu'il peut y avoir sous-estimation de la surface corporelle brûlée chez les enfants, car leur pourcentage de surface palmaire est plus élevé que celui des adultes²⁹. De plus, les proportions variables en fonction de l'âge représentent un défi supplémentaire dans la population pédiatrique²⁴.

3. Les logiciels et l'imagerie

Bien que les schémas de Lund-Browder soient plus exacts que la règle des neuf, Alm a trouvé une surestimation de 17,8 % dans 90 % des cas avec ces schémas³⁰. Berry a décrit dans

son étude de 2006 que dans 41,7 % des cas, la moyenne de surestimation était de 154 % avec la même méthode³¹. À titre d'exemple, un patient de 70 kg avec un ratio de surface corporelle brûlée de 10 % pouvait se faire attribuer le ratio de 25 %. Selon la formule de réanimation volémique de Parkland, ce patient recevrait 7 L de liquide sur 24 heures au lieu de 2,8 L. Par conséquent, cette erreur est source de morbidité et mortalité importante chez la population traitée.

Depuis les années 1980, des logiciels ont été créés pour faciliter l'estimation de la surface corporelle brûlée et suivre l'évolution des patients dans le temps. Les logiciels ont permis d'améliorer l'estimation de la surface corporelle brûlée et de diminuer la variabilité des résultats entre les différents observateurs. En effet, en 1985, une étude sur la projection en deux dimensions d'individus a fait ressortir des faits saillants: même les médecins les plus expérimentés surestimaient la surface corporelle brûlée de 29 % de la valeur réelle en se basant sur les diagrammes en papier selon la technique de Lund-Browder tandis que les médecins moins expérimentés surestimaient la surface corporelle de 49 % de la vraie valeur⁹. De la même façon, les médecins surestimaient la surface corporelle brûlée comparativement aux calculs effectués par le logiciel (42 % vs 29,6 %), d'où l'auteur soulignait la nécessité d'un logiciel pouvant contrer aux erreurs de calcul, de transcription et de variabilité entre les observateurs¹⁰.

Dans les années 1980, Hewlett Packard a développé un des premiers logiciels permettant de calculer la surface corporelle brûlée. L'étude menée par Wachtel a conclu que le calcul de cette surface par le logiciel versus celui à la main sur des diagrammes en papier était plus précis et présentait moins de variabilité³². En 1987, Parshley a initié, en collaboration avec le Centre des Grands brûlés d'Oregon le programme informatisé Surface Area Graphic Evaluation (SAGE) consistant en des diagrammes en deux dimensions de mannequins standards³³. La deuxième version du logiciel, SAGE II inclut une formule de Parkland pour estimer les besoins volémiques pour des surfaces brûlées de plus de 20 %, une fonction d'amputation, afin d'ajuster les calculs des nouveaux pourcentages corporels lors d'amputation, et une rubrique où des notes additionnelles peuvent être rajoutées. Bien que le SAGE soit une innovation importante, les limitations majeures de ce logiciel sont les

diagrammes en deux dimensions et les types morphologiques génériques (enfant, adulte)³³. 3D Burn Vision (3DBV) est un logiciel développé par Raphael Lee de l'Unité des grands brûlés de l'Université de Michigan. Ce logiciel inclut des mannequins en trois dimensions, permettant à l'utilisateur de dessiner les régions brûlées, les sites donneurs et receveurs de greffes. De plus, le programme contient des applications pour la rotation du mannequin virtuel ainsi que l'agrandissement³⁴⁻³⁶. Ce programme nécessite toutefois une formation technique plus exhaustive³⁴. Un logiciel en deux dimensions «WoundFlow» est développé en 2011 par le U.S. Army Institute of Surgical Research au Texas. L'objectif de l'étude était de développer un logiciel plus facile à utiliser que les logiciels mentionnés précédemment et de comparer les résultats des surfaces corporelles brûlées aux diagrammes de Lund-Browder. Les auteurs arrivent à la conclusion que les deux méthodes sont exactes. Toutefois, l'étude s'est basée sur des mannequins avec des proportions standardisées³⁷. Une étude australienne sur les diagrammes informatisés suggère que les logiciels pourraient contribuer à une base de données pour l'évolution des brûlures et les résultats de traitement³⁸. Avec le logiciel BurnCase 3D, l'utilisateur peut choisir différentes formes de mannequins et superposer des photos du patient afin de valider la classification des brûlures³⁹. Des applications électroniques pour les téléphones intelligents ont été également développés pour faciliter le travail des cliniciens⁴⁰⁻⁴². Goldberg énumère plusieurs avantages quant à l'utilisation des logiciels 3D dans le calcul de la surface corporelle brûlée: la visualisation des surfaces ne pouvant pas être représentées sur des diagrammes en deux dimensions (régions médiales et latérales des membres) et les différents profils de patients pouvant être intégrés dans ces logiciels⁴⁰. Toutefois, même avec ces applications, la précision du calcul de la surface corporelle brûlée reste limitée pour les enfants et les patients obèses. Malgré plusieurs choix de mannequins virtuels, les logiciels actuels ne peuvent pas dupliquer la morphologie particulière de certains patients. Le concept de la photographie 3D et de la planimétrie digitale ont été aussi appliqués pour l'évaluation des brûlures chez la population pédiatrique^{43,44}.

4. Les numériseurs à lumière blanche

Dans les dernières décennies, plusieurs innovations ont été effectuées dans le domaine de l'imagerie médicale. À la fin des années 1990, les premiers numériseurs trois-dimensions

(3D) sont apparus sur le marché. Ces numériseurs n'émettent pas de radiation, ne nécessitent pas de contact avec l'objet numérisé et peuvent reproduire avec grande fiabilité des images en trois dimensions. Plusieurs numériseurs sont disponibles sur le marché, à différents prix, formes et options de logiciels⁴⁵⁻⁴⁷. Le terme imagerie 3D se réfère aux techniques qui peuvent acquérir les propriétés de l'objet 3D, telle que la distribution de la densité pour situer les coordonnées 3D (x, y, z). Un des principes des numériseurs 3D à lumière blanche se base sur la lumière structurée, c'est-à-dire, l'illumination active de l'objet avec des formes géométriques en deux dimensions. Un projecteur ou une source de lumière projette les formes sur l'objet en question. Une ou plusieurs caméras sont utilisées afin d'acquérir les images. Puisque la surface de l'objet n'est pas plane, il y a distorsion des formes projetées que la caméra peut capter par la suite. Ceci est effectué dans le but de calculer les coordonnées en trois dimensions à la surface de l'objet. Une image virtuelle est donc obtenue⁴⁸⁻⁵⁰. Avant d'utiliser le numériseur, une calibration de la caméra et du projecteur doit être effectuée pour optimiser l'exactitude des mesures. Ceci peut être réalisé avec des collants placés à différents endroits sur un objet⁴⁹. Plusieurs applications cliniques sont retrouvées avec les numériseurs à lumière blanche telles que l'évaluation des chirurgies cranio-faciales, les mesures volumétriques dans la reconstruction mammaire, la conception des prothèses dentaires et orthopédiques^{49,51,52}. À notre connaissance, ces systèmes n'ont jamais été utilisés pour l'évaluation des brûlures. Le numériseur 3D à lumière blanche pourrait être un outil intéressant pour dupliquer la morphologie particulière des patients et résoudre les problématiques actuelles des logiciels sur le marché.

Hypothèse et objectifs de recherche

Nous avons dénombré principalement trois limites importantes quant aux techniques actuelles d'évaluation de la surface corporelle brûlée: les différentes morphologies des patients, la variation de l'évaluation inter-observateur ainsi que les erreurs de transcription des brûlures observées sur des diagrammes. La littérature démontre que la surface corporelle brûlée est surestimée de façon générale, excepté dans le cas des patients avec obésité, où elle a tendance à être sous-estimée. Le besoin de développer un système qui évalue avec une meilleure précision et exactitude la surface corporelle brûlée est bien réel. Plusieurs logiciels ont été créés afin de répondre à ces failles, mais ne prennent pas en compte les proportions réelles des patients, qui constituent un élément clé dans le traitement optimal des grands brûlés.

L'objectif principal de ce projet de recherche est de contribuer au développement d'une méthode informatisée pouvant déterminer le ratio de la surface corporelle brûlée avec une meilleure précision et exactitude, et ce, en tenant compte de la morphologie spécifique de l'individu. Deux dispositifs pouvant reconstituer la morphologie spécifique de la surface corporelle ont été utilisés: un numériseur 3D à lumière blanche et les données anthropométriques. Les objectifs secondaires sont les suivants:

1. Le numériseur 3D à lumière blanche permet de reconstituer avec précision et exactitude la surface corporelle totale.
2. Les données anthropométriques permettent de reconstituer avec précision et exactitude la surface corporelle totale.
3. Une méthode informatisée basée sur les modèles obtenus avec les données anthropométriques permet de déterminer un ratio de surface corporelle brûlée plus exact que celui obtenu avec les diagrammes papier Lund-Browder.
4. Il n'y a pas de différence cliniquement significative des ratios des surfaces brûlées avec l'utilisation de la méthode informatisée entre des évaluateurs experts et non experts.

Méthodologie

Ce projet a consisté en deux temps. Tout d'abord, nous avons proposé et validé une technologie: un numériseur 3D portable se basant sur le principe de lumière blanche afin d'évaluer la surface corporelle totale. Dans la deuxième partie, nous avons utilisé une technique différente afin d'évaluer la surface corporelle totale, soit la mesure des données anthropométriques clés. Les données anthropométriques découlent du travail de recherche d'Adrien Dubois, ingénieur, dans le contexte de son travail de thèse. Dans notre projet, ces données ont servi pour générer des mannequins virtuels pour ensuite comparer des pourcentages des surfaces corporelles brûlées avec une méthode plus traditionnelle des diagrammes en papier.

La première partie de ce projet a consisté dans la validation d'un numériseur portable servant à la reconstruction d'images en trois dimensions. La qualité d'un instrument de mesure se base sur son exactitude et sa précision. L'exactitude fait référence au résultat de mesure de l'instrument que l'on veut tester en le comparant à la vraie valeur d'un instrument de référence. Quant à la précision, cela teste si les résultats peuvent être reproductibles.

L'outil qui a servi de validation est un numériseur portable à lumière blanche (Go!Scan3D, Creaform, Lévis, Québec). Ce numériseur a été choisi car il est rapide, facile à utiliser et peut être facilement amené dans une salle d'urgence. Cette étape s'avère critique avant d'effectuer des applications cliniques. L'outil de référence est également un numériseur à lumière blanche, utilisé avec un système de double caméra C-Track (MetraScan3D, Creaform, Lévis, Québec). Étant donné que ce dernier est utilisé avec plusieurs caméras de captation, l'exactitude quant à l'obtention des surfaces est supérieure. En raison du système de caméra additionnel et du degré de difficulté d'utilisation, ce numériseur ne peut pas être amené dans un environnement clinique. Les caractéristiques techniques des deux appareils se trouvent dans le Tableau I.


Numériseur portable			Outil de référence
Information	Go!Scan 3D, Creaform, Lévis, Québec, Canada		MetraScan 3D, Creaform, Lévis, Québec, Canada
Exactitude de fabrication (mm)	de	0,5	0,085
Surface de numérisation (cm)	de	38 X 38	7 X 7
Images/seconde		550 000	36 000
Utilisation		Médicale	Industrielle, automobile, aérospatial
Système de caméra (Creaform)	de double-C-Track	Non	Oui
Image			

Tableau I Caractéristiques techniques des numériseurs portable et de référence

Quatre mannequins commerciaux avec des morphologies différentes ont été sélectionnés (Figure 3). D’abord, l’exactitude a été déterminée en comparant les mesures du numériseur portable à celui de référence. Chaque mannequin a été numérisé pour un total de 10 fois avec le numériseur portable et une fois avec le numériseur de référence, et ce, par le même évaluateur. Avant d’utiliser les numériseurs pour chaque type de mannequin, la calibration telle que démontrée par le guide du fabricant a été effectuée par le même évaluateur. Les données avec le numériseur de référence ont été effectuées dans le pavillon du Département de génie électrique et de génie informatique de l’Université Laval. Celles prises avec le numériseur Go!Scan 3D ont été effectuées au Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie (LIO) au Centre de recherche du Centre hospitalier de l’Université de Montréal

(CRCHUM).



Figure 3 Mannequins commerciaux avec différentes morphologies

Les mannequins ont été numérisés debout. Par la suite, ils ont été positionnés en decubitus dorsal sur une table afin que les pieds puissent être numérisés. Une attention particulière a été faite afin que les membres des mannequins articulés restent immobiles durant la prise des données, évitant ainsi de produire des images doubles. La distance entre le numériseur portable et la surface du mannequin variait entre 10 et 20 centimètres. L'évaluateur a effectué les numérisations pour chaque mannequin en balayant la caméra de la tête aux pieds et autour de chaque mannequin. Lors de la numérisation des mannequins par le système MetraScan, une attention particulière a été portée par l'évaluateur afin qu'il n'y ait pas d'interposition entre le système de camera additionnel et le numériseur de référence, pouvant bloquer ainsi le processus de numérisation. Les images virtuelles ont été obtenues sur le logiciel de Creaform, utilisé pour le système d'exploitation Windows. Un ordinateur de bureau avec un processeur Intel® Core™ i7 a servi pour recueillir les données. Les images en surplus produites par les surfaces des tables ou des planchers ont été automatiquement

reconnues et effacées par le logiciel de Creaform. Ces images finales ont été transférées sur un logiciel de modélisation des surfaces (BurnInjuries, Laboratoire d'imagerie en orthopédie (LIO), Montréal, Québec). Dans la figure 4, les images obtenues avec le numériseur portable Go!Scan 3D sont illustrées.

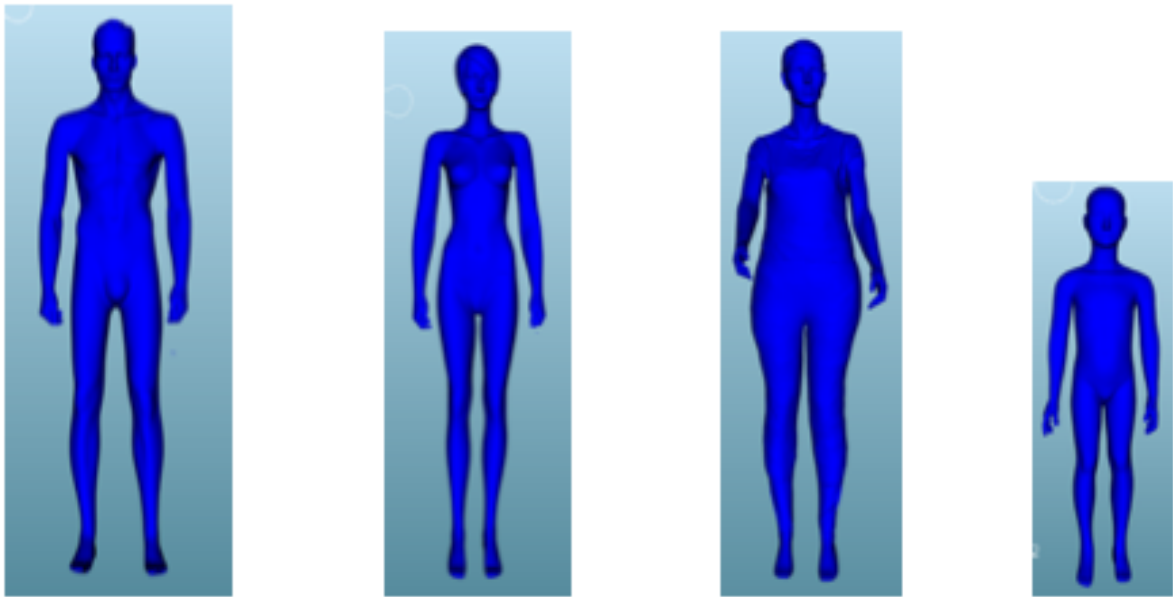


Figure 4 Mannequins virtuels obtenus avec le numériseur portable et transférés sur le logiciel BurnInjuries

BurnInjuries a été conçu pour visualiser les mannequins numérisés en un modèle 3D de maillage triangulaire et fonctionne avec un système d'exploitation Windows. La surface totale corporelle a pu être obtenue automatiquement en calculant la somme des mailles triangulaires. De plus, ce logiciel permet de colorier directement sur les mannequins virtuels les lésions observées tout en déterminant le ratio atteint. Un exemple de la surface atteinte calculée est montré dans la Figure 5. Les manipulations telles que l'agrandissement des images et la rotation sont aussi disponibles.

Des diagrammes de Bland-Altman ont servi de comparaison entre les résultats du numériseur portable et celui de référence. Les diagrammes de Bland-Altman servent pour déterminer la concordance entre deux instruments qui mesurent le même concept et de vérifier si l'un des instruments produit des valeurs systématiquement plus basses ou plus élevées. Le

test statistique de Student a été utilisé pour évaluer les associations entre les variables. Des valeurs de $p < 0,05$ ont été considérées significatives.

Ensuite, la précision du numériseur portable a été déterminée en comparant les mesures des surfaces corporelles totales obtenues avec le numériseur portable. Les moyennes, écarts types et intervalles de confiance des variables ont été calculés avec Microsoft Excel (Microsoft Office 2014). Ceci a été effectué sur les quatre mannequins disponibles.

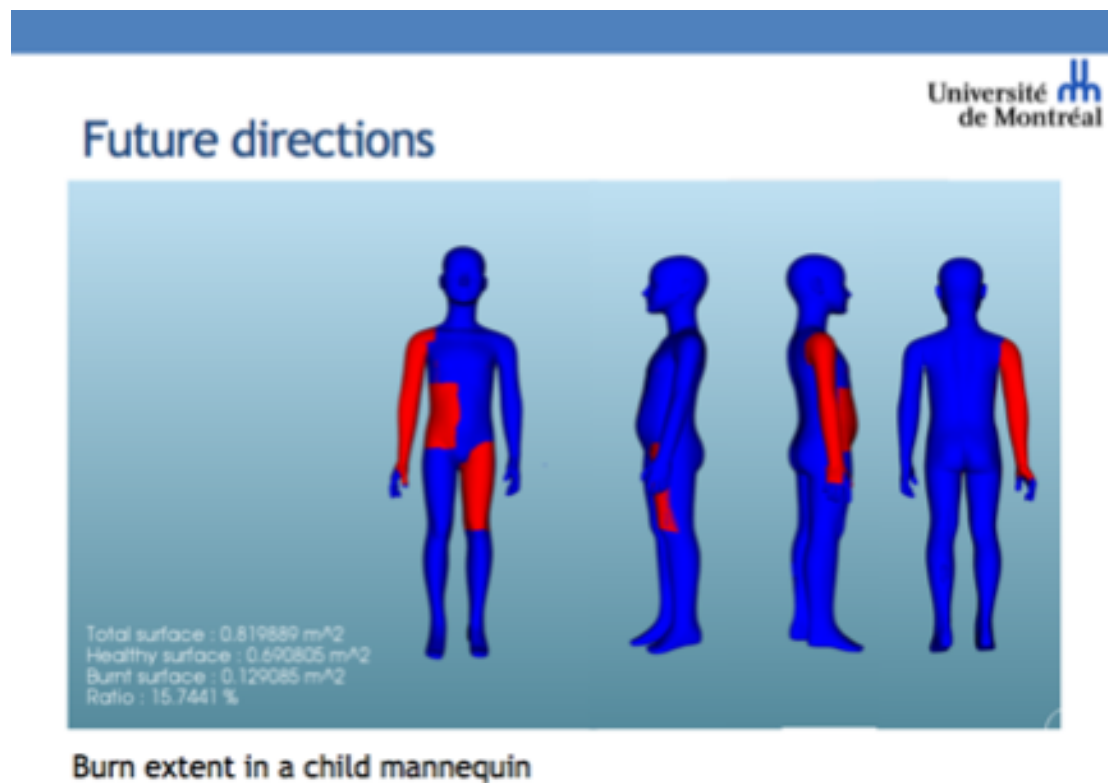


Figure 5 Exemple de calcul de surface atteinte obtenue par le logiciel BurnInjuries - Diapositive de présentation au congrès de la Société canadienne des chirurgiens plasticiens. Juin 2014, Montréal, Québec.

Dans la deuxième partie du projet de recherche, une comparaison des résultats des surfaces corporelles brûlées par estimation conventionnelle selon les diagrammes de Lund-Browder vs les résultats générés par le logiciel de BurnInjuries a été effectuée.

Afin de créer des lésions de brûlures, des feuilles de Hypafix (BSN Medical Canada) de

10 centimètres de largeur ont été découpées et collées sur les mannequins. Le calcul exact de la surface des feuilles de Hypafix s'est effectuée en comptant le nombre de centimètres carrés, et ce, à deux reprises par le même évaluateur. Les valeurs en mètres carrés obtenues pour les mannequins enfant, femme type I, femme type II et homme sont les suivantes: 0,19; 0,36; 0,56; 0,5. Par la suite, la détermination du pourcentage de la surface corporelle brûlée a été effectuée en divisant ces calculs par la surface corporelle totale déterminée par le MetraScan, l'outil de référence. Ces valeurs ont servi à titre de comparaison pour les mannequins enfant, femme I, femme II et homme: 23,3; 22,67; 32,63 et 26,07 %. 14 volontaires, des chirurgiens plasticiens, des résidents en chirurgie plastique de l'Université de Montréal ainsi que des personnes n'ayant pas d'expérience dans le domaine médical ont estimé dans un premier temps la surface corporelle brûlée des mannequins adultes à l'aide des diagrammes de Lund-Browder, diagrammes utilisées à l'Unité des grands brûlés de l'Hôpital Hôtel-Dieu, Centre hospitalier de l'Université de Montréal (Figure 6). Les volontaires sans entraînement médical ont reçu une formation de cinq minutes sur l'estimation de la surface corporelle brûlée. Pour chaque mannequin, les volontaires ont dessiné les brûlures observées et calculé le ratio atteint.

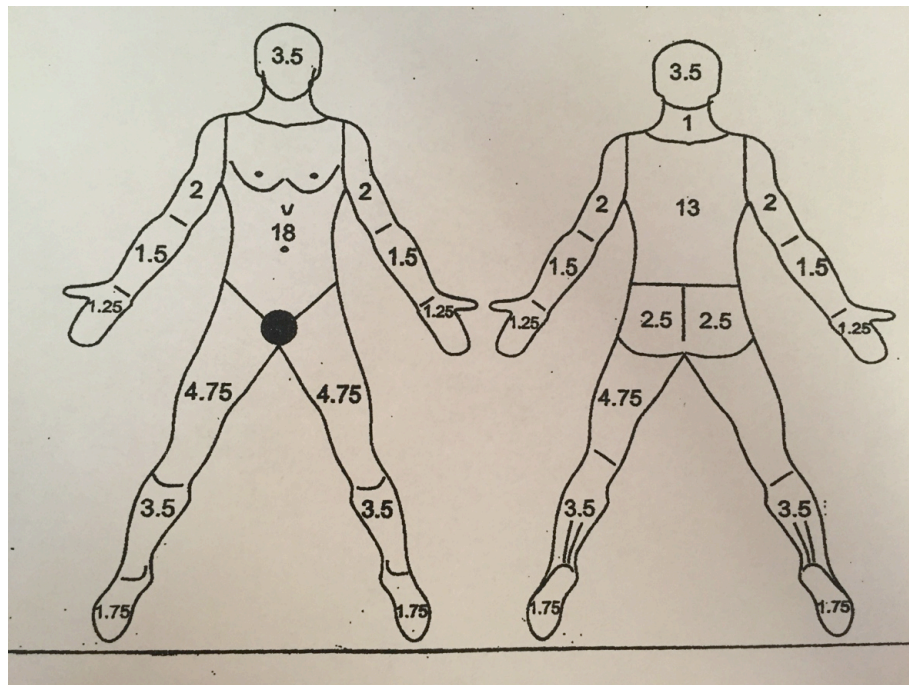


Figure 6 Diagramme Lund-Browder utilisé à l'Hôpital Hôtel-Dieu, Centre hospitalier de l'Université de Montréal

Un diagramme modifié en fonction de l'âge, utilisé au Centre universitaire de Sainte-Justine a servi de modèle pour les calculs de la surface brûlée chez le mannequin enfant (Figure 6).

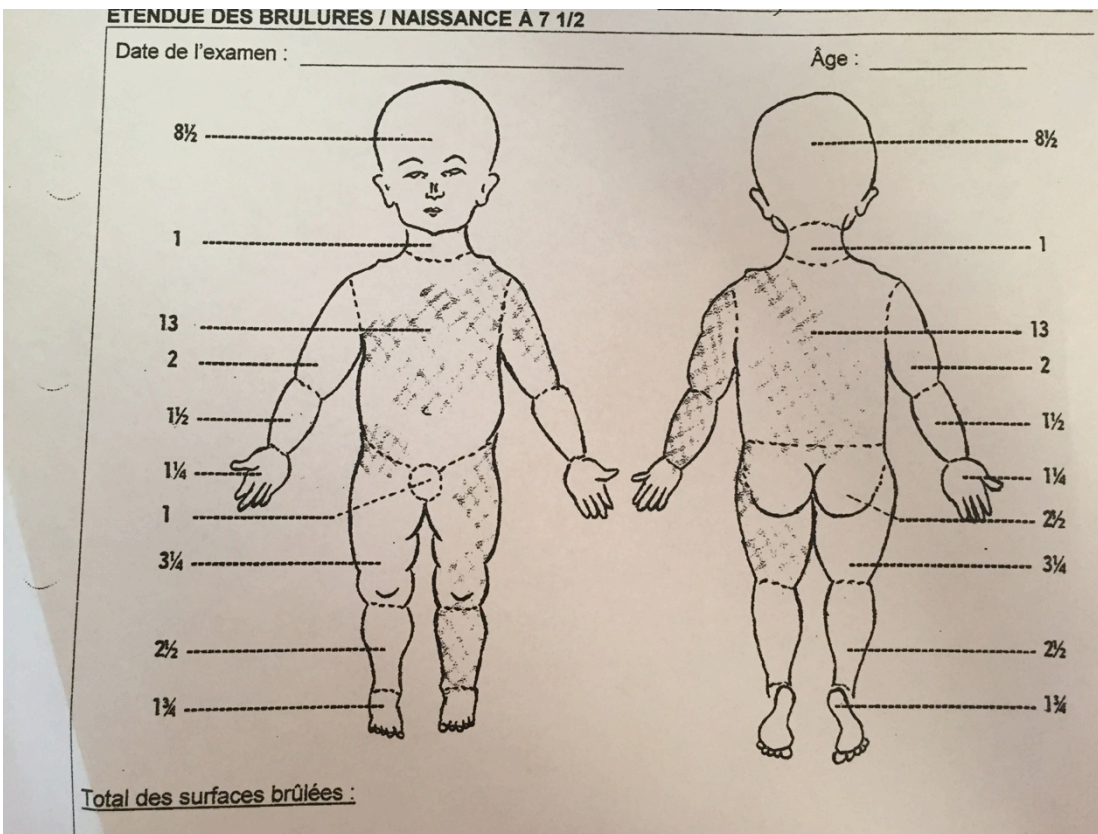


Figure 7 Diagramme d'estimation de la surface corporelle brûlée ajustée en fonction de l'âge au Centre universitaire de Sainte-Justine

Les mesures anthropométriques clés découlant du travail de thèse d'Adrien Desbois, ingénieur, ont servi à générer des mannequins virtuels ainsi que l'estimation de la surface corporelle totale. Pour chaque mannequin, 19 données anthropométriques ont été mesurées au préalable à deux reprises avec un ruban à mesurer (Tableau II)³⁴. Les mesures ont été prises en centimètres puis transformées en mètres. Ces variables ont été inscrites dans un logiciel de modélisation 3D de corps humains (MakeHuman, GNU Affero General Public Licence) utilisé pour une plateforme Windows. Ce travail a été effectué par Adrien Desbois dans le contexte de sa thèse. Un exemple de modèle généré se retrouve à la Figure 8. Pour ce qui est de notre partie de recherche, les mannequins virtuels générés pour chaque type de morphologie ont été

exportés dans le logiciel BurnInjuries.

Mesures anthropométriques (cm)
A- Circonférence cou
B- Distance épaule
C- Distance poitrine
D- Circonférence sous poitrine
E- Tour de taille
F - Longueur cuisse
G- Circonférence du genou
H- Longueur bras
I- Circonférence poignet
J- Circonférence hanches
K- Circonférence chevilles
L- Circonférence bras
M- Longueur avant-bras
N- Circonférence buste
O- Longueur tour de taille-hanches
P- Circonférence cuisse
Q- Circonférence mollet
R- Longueur mollet
S- Longueur nuque

Tableau II Mesure des données anthropométriques

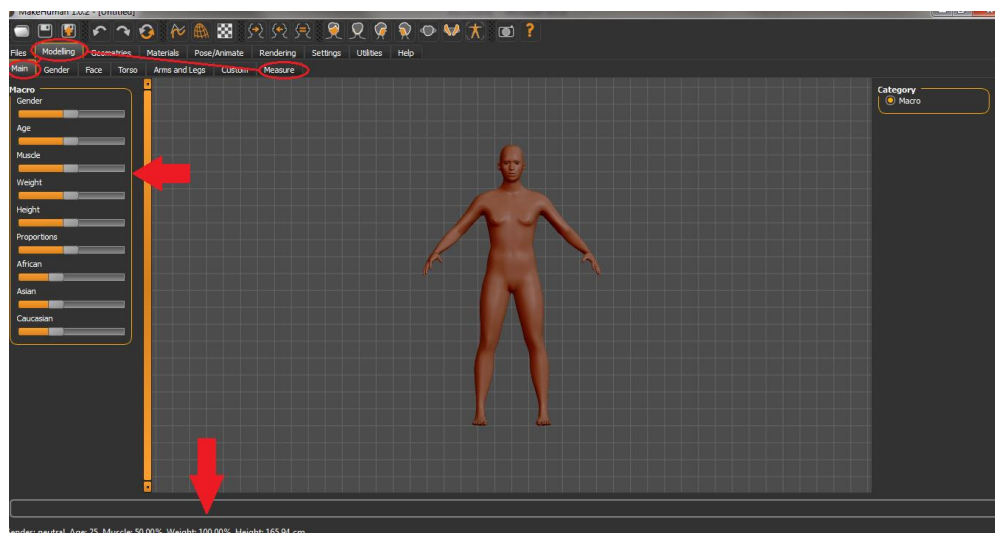


Figure 8 Exemple de modèle généré avec le logiciel MakeHuman

Après avoir estimé la surface corporelle brûlée grâce aux diagrammes de papier de Lund-Browder, les 14 volontaires ont été demandés de dessiner les surfaces brûlées sur les mannequins ainsi générés sur le logiciel BurnInjuries. Les détails concernant l'utilisation du logiciel se retrouvent à la figure 9. Le ratio de surface corporelle atteinte a été automatiquement calculé par le logiciel. Les volontaires n'ont pas eu accès à ce ratio. Les moyennes, écart-types et intervalles de confiance à 95 % ont été calculées pour les deux méthodes. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel MedCalc (MedCalc Software, Belgique, 2014).



Pour colorier : maintenir touche
CONTROL et déplacer la souris

Pour agrandir ou rapetisser les
surfaces : maintenir touche
SHIFT et avancer ou reculer
la souris

Figure 9 Consignes d'utilisation pour colorier les surfaces atteintes sur le logiciel BurnInjuries

Résultats

Dans la première partie de l'étude, les surfaces corporelles des mannequins obtenues grâce aux numériseur portable et de référence ont été calculées par le logiciel BurnInjuries après que les images aient été exportées du logiciel de Creaform. Les moyennes des surfaces, les écarts types ainsi que les intervalles de confiance ont été calculées pour les résultats obtenus avec le numériseur portable (Tableau III). L'analyse des variables par le test de Student démontre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures effectuées avec le numériseur portable et la valeur du numériseur de référence ($p < 0,05$).

Mannequins	Moyenne numériseur portable (m ²)	Écart type (m ²)	Intervalle de confiance 95 % (m ²)	Valeur numériseur de référence (m ²)	Valeur p
Enfant	0,812	0,003	(0,806; 0,819)	0,815	0,0001
Femme I	1,582	0,005	(1,572; 1,591)	1,588	0,0004
Femme II	1,711	0,004	(1,703; 1,719)	1,716	0.04
Homme	1,916	0,006	(1,904; 1,928)	1,918	0,0001

Tableau III Mesures de la surface corporelle totale avec le numériseur portable (m²)

Par la suite, nous avons utilisé le diagramme de Bland-Altman afin de comparer les résultats du numériseur portable à celui de référence. Les moyennes des différences sont de 0,0032; 0,007; 0,006 et 0,002 mètres carrés pour les mannequins enfant, femme type I, femme type II et homme respectivement (Tableau IV).

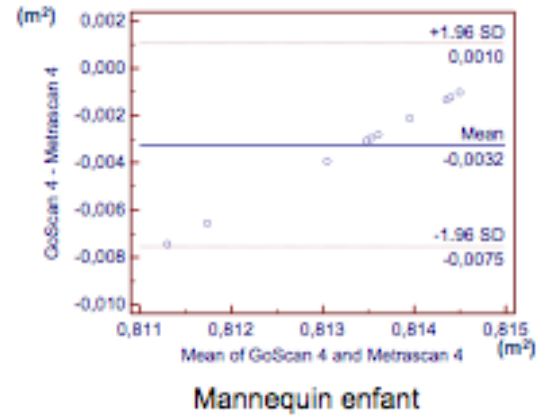
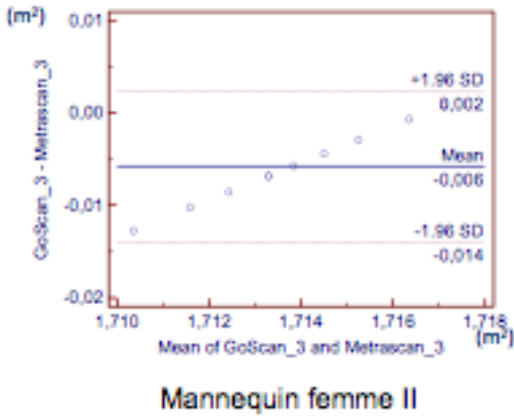
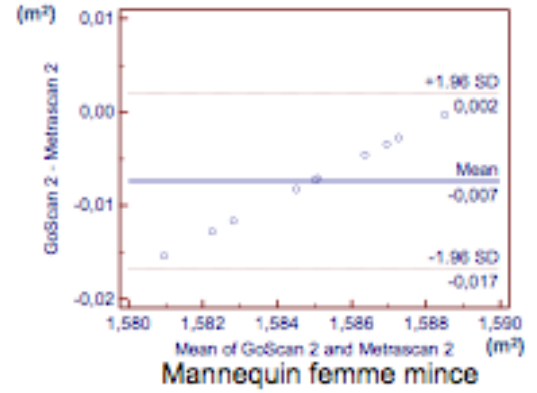
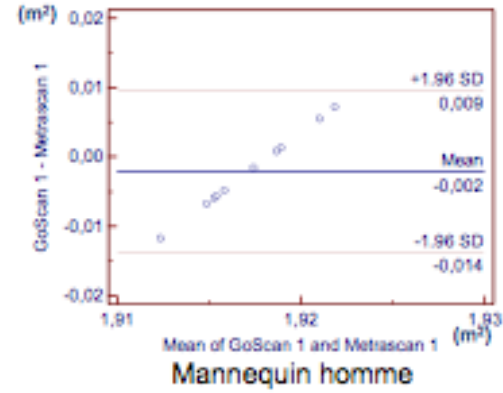


Tableau IV Différences des moyennes MetraScan et Go!Scan 3D

Les surfaces corporelles totales générées par les mesures anthropométriques sont les suivantes: 0,862; 1,603; 1,752 et 1,886 m² pour les mannequins enfant, femme I, femme II et homme. Les écarts des différences sont respectivement de -0,047; -0,015; -0,036; 0,032 mètres carrés. Ces résultats ainsi que les écarts comparativement aux valeurs mesurées par le Metrascan se retrouvent au Tableau V. Les surfaces obtenues avec le numériseur portable sont comparables à la valeur du numériseur de référence.

Mannequins	Données Anthropométriques (m ²)	MetraScan (m ²)	Écart des différences (m ²)
Enfant	0,862	0,815	-0,047
Femme I	1,603	1,588	-0,015
Femme II	1,752	1,716	-0,036
Homme	1,886	1,918	0,032

Tableau V Mesures de la surface corporelle totale par les données anthropométriques et par le MetraScan (m²)

Les valeurs des surfaces des bandes collantes représentant les brûlures sont de 0,19; 0,36; 0,56 et 0,5 mètres carrés pour les mannequins enfant, femme I, femme II et homme. Les ratios des surfaces corporelles brûlées obtenus avec les valeurs des surfaces totales du MetraScan des mannequins respectifs sont les suivantes 23,33; 22,67; 32,63 et 26,07 % (Tableau VI).

Mannequins	Surfaces brûlées (m ²)	Surface totale du MetraScan (m ²)	Ratio des surfaces brûlées (%)
Enfant	0,19	0,815	23,33
Femme I	0,36	1,588	22,67
Femme II	0,56	1,716	32,63
Homme	0,5	1,918	26,07

Tableau VI Valeurs des surfaces brûlées représentés par les bandes collantes (m²) et du ratio de surface brûlée (valeurs de référence) (%)

Ces mesures ont servi de référence pour les résultats estimés selon le diagramme de Lund-Browder et les ratios générés par le logiciel. Les estimations des ratios des surfaces corporelles brûlées par les volontaires en fonction des diagrammes en papier Lund-Browder ainsi que les surfaces obtenues à l'aide du logiciel se retrouvent au Tableau VII.

	D	L	D	L	D	L	D	L
	Enfant	Enfant	Femme I	Femme I	Femme II	Femme II	Homme	Homme
1	28	22,8	28	22,5	34	32,2	31	25,1
2	31	23,7	29,5	22,5	38	32,7	32,5	26,9
3	30	26	51,5	23,9	47,8	32,2	45,5	25,6
4	36,5	23,1	49,5	20,1	51	32,5	49	24,7
5	29	23,6	27	22,9	36	31,5	27,5	25,5
6	30,5	21,1	22,5	22,5	37,5	32,2	36	25,1
7	30	20,9	31	21,2	38	32,6	35	22,1
8	32	21,6	30	21	40,5	32,6	36,5	24,4
9	35,3	25,8	35,8	24,9	44,8	35,6	40,5	26
10	31,5	27,5	32	21,5	43	34,9	35,5	26,3
11	28,2	22,6	30,6	22,9	42,1	31,9	31,3	23,8
12	20	23,8	27,5	22,7	34	31	32	25,5
13	26,5	23	25,7	20,8	33,3	28,9	29,5	25,1
14	30	23,5	35	21,6	46	28,4	38	25,6

Tableau VII Valeurs du ratio de surface brûlée (%) diagrammes de papier (D) et du logiciel (L)

Les huit premiers résultats correspondent aux données prises par les volontaires chirurgiens plasticiens et résidents tandis que les six derniers correspondent à ceux des volontaires n'ayant pas de formation médicale. Les moyennes des surfaces, les écarts types ainsi que les intervalles de confiance ont été calculés pour les résultats obtenus par estimation avec les diagrammes papier ainsi que ceux générés par le logiciel par les évaluateurs experts et par les évaluateurs non experts (Tableaux VIII et IX). Les résultats sont comparables entre les deux évaluateurs pour la méthode des diagrammes papier Lund-Browder et celle du logiciel.

Mannequins	Moyenne (%)	Écart-type	Intervalle de confiance 95 %
Enfant (E)	30,9	2,57	(28,30; 33,4)
E (N-E)	28,6	5,17	(18,44; 38,72)
Femme I (E)	33,6	10,7	(22,88; 44,360)
Femme I (N-E)	31,1	4,01	(27,09; 35,11)
Femme II (E)	40,4	5,94	(34,4; 46,29)
Femme II (N-E)	40,5	5,5	(35,02; 46,04)
Homme (E)	33,5	12,5	(20,54; 45,57)
Homme (N-E)	34,5	4,25	(30,21; 38,72)

Tableau VIII Ratio de la surface corporelle brûlée (%) par les diagrammes papier par les évaluateurs experts (E) et non experts (N-E)

Mannequins	Moyenne (%)	Écart-type	Intervalle de confiance 95 %
Enfant (E)	22,9	1,68	(21,17; 24,53)
E (N-E)	24,4	1,89	(22,47; 26,26)
Femme I (E)	22,1	1,22	(20,86; 23,29)
Femme I (N-E)	22,4	1,46	(20,94; 23,86)
Femme II (E)	32,3	0,39	(31,9; 32,7)
Femme II (N-E)	31,8	2,99	(28,79; 34,77)
Homme (E)	24,9	1,37	(23,56; 26,29)
Homme (N-E)	25,4	0,88	(24,5; 26,26)

Tableau IX Ratio de la surface corporelle brûlée (%) par la méthode logiciel par les évaluateurs experts (E) et non experts (N-E)

Les moyennes des surfaces, les écarts types ainsi que les intervalles de confiance ont été calculés pour l'ensemble des résultats obtenus par estimation avec les diagrammes papier ainsi que ceux générés par le logiciel (Tableau X). Les moyennes obtenues avec le logiciel sont de 23,5; 22,6; 32,1 et 25,1 % pour les mannequins enfant, femme type I, femme type II et homme. Les écarts-types varient entre 1,2 et 1,9 %. Pour ce qui est des ratios estimés par le diagramme de Lund-Browder, ces moyennes correspondent à 29,9; 32,5; 40,4 et 35,7 % pour les mêmes mannequins avec des écarts-types variant entre 3,9 et 8,4 %.

Mannequins	Moyenne (%)	Écart type (%)	Intervalle de confiance 95 %
Enfant (D)	29,9	3,9	(27,9; 31,9)
Enfant (L)	23,5	1,8	(22,6; 24,4)
Femme I (D)	32,5	8,4	(28,1; 36,9)
Femme I (L)	22,6	1,3	(21,9; 23,3)
Femme II (D)	40,4	5,5	(37,5; 43,3)
Femme II (L)	32,1	1,9	(31,1; 33,1)
Homme (D)	35,7	6	(32,6; 38,8)
Homme (L)	25,1	1,2	(24,5; 25,7)

Tableau X Ratios des surfaces corporelles brûlées (%) avec les diagrammes Lund-Browder (D) et le logiciel (L)

Des exemples d'utilisation des diagrammes papier et du logiciel BurnInjuries pour le mannequin enfant par le même utilisateur se retrouvent aux Figures 10 et 11.

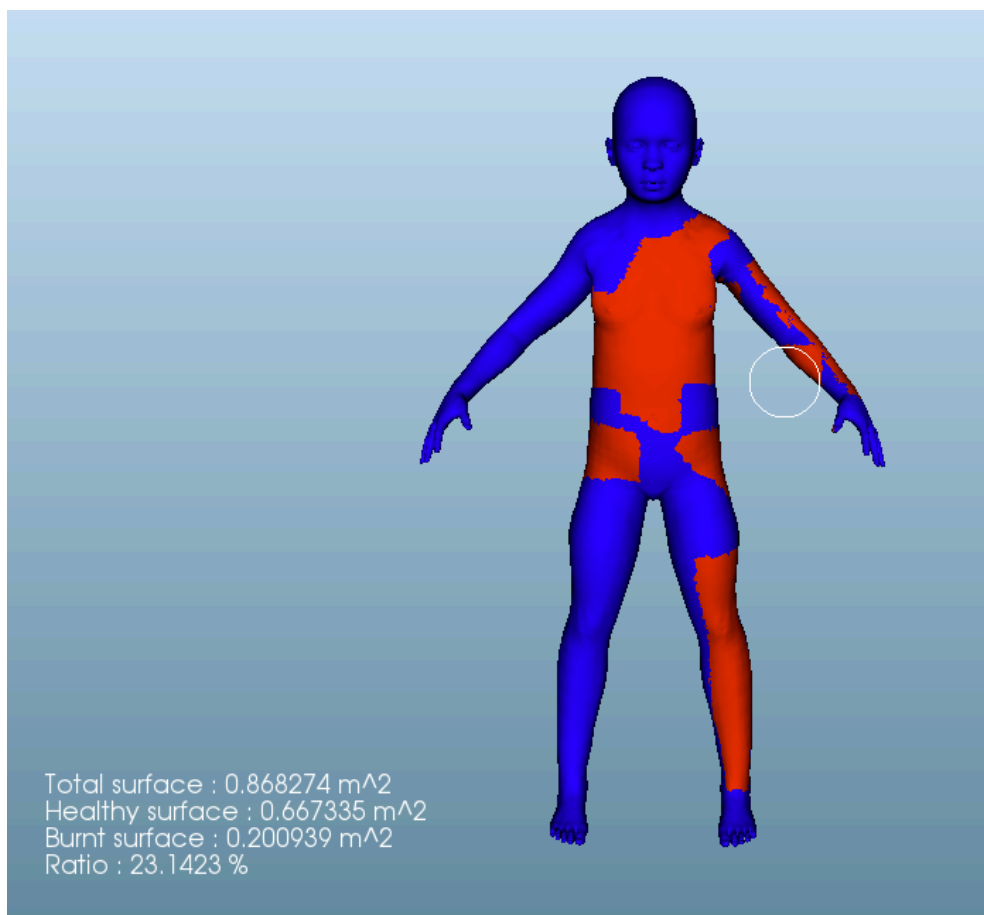


Figure 10 Exemple du calcul effectué avec le logiciel BurnInjuries pour le mannequin enfant

CHU Sainte-Justine
Le centre hospitalier
universitaire mère-enfant
Pour l'amour des enfants
Université de Montréal

HSJ-0416

TENDUE DES BRÛLURES / NAISSANCE À 7 1/2

Date de l'examen : _____ Âge : _____

8 1/2
1
13
2
1 1/2
1 1/4
1
3 1/4
2 1/2
1 1/4

8 1/2
1
13
2
1 1/2
1 1/4
1
2 1/2
3 1/4
2 1/2
1 1/4

8,80
1,00
1,50
1,30
2,10
9,75
9,90
1,50
2,00
2,00

il des surfaces brûlées : **28,45%**

é probable :

Figure 11 Exemple du calcul effectué avec les diagrammes papier pour le mannequin enfant

Discussion

Un des buts du projet a été de valider un numériseur portable 3D à lumière blanche en calculant sa précision et son exactitude. Cette première étape s'est avérée importante afin de pouvoir vérifier si une technologie, le Go!Scan 3D peut dupliquer avec fiabilité une forme donnée. Contrairement aux logiciels disponibles sur le marché pour calculer la surface corporelle brûlée, l'utilisation du numériseur portable a permis de reconstituer une morphologie similaire aux mannequins numérisés. La précision a été testée par la capacité de ce dernier à reproduire les mêmes images lorsque les mannequins ont été numérisés à plusieurs reprises. Il n'y a pas eu de différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les surfaces corporelles totales obtenues pour chaque groupe de mannequin. Par la suite, afin de vérifier l'exactitude du numériseur portable, les résultats des surfaces corporelles totales pour chaque mannequin ont été comparées aux résultats obtenus avec la numérisation du MetraScan. Il est intéressant de noter ce que les graphiques de Bland et Altman représentent avec les différences des moyennes des données entre le numériseur portable et celui de référence (Tableau IV). Ces résultats signifient que le numériseur portable sous-estime la surface corporelle totale de 20 à 70 centimètres carrés. Globalement, cette sous-estimation représente entre 0,1 et 0,4 % de la surface corporelle totale qui n'est pas significative dans un contexte clinique. Cette différence est expliquée par le fait que le numériseur à lumière blanche a une seule source de captation contrairement au numériseur de référence qui possède deux caméras, c'est-à-dire le système C-Track. Par conséquent, le numériseur portable est moins accessible pour les régions avec une exposition moindre à la lumière, telles la région axillaire et le périnée. Par contre, l'analyse des variables démontre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les variables ($p < 0,05$) (Tableau III). Contrairement aux numériseurs traditionnels avec plusieurs sources de captation tel le MetraScan, un des avantages du numériseur portable est qu'il peut être facilement amené dans des espaces étroits telle qu'une salle d'urgence. Un autre avantage est qu'il est plus léger que le MetraScan, donc l'utilisateur risque de se fatiguer moins. De plus, l'acquisition des données avec le numériseur Go!Scan 3D est de cinq à six fois plus rapide qu'avec le numériseur de référence. Enfin, le système de double caméra C-Track utilisé avec le MetraScan a besoin de

calibration constante, une étape rajoutée aux manipulations. De façon générale, d'autres avantages des numériseurs à lumière blanche peuvent être énumérés: il n'y a pas de contact entre le numériseur et l'objet à numériser, par conséquent, il n'y a pas de risque d'infection dans un milieu clinique. Il est également important de noter que ces appareils sont faciles à utiliser et ne nécessitent pas une formation exhaustive. Toutefois, une des plus importantes caractéristiques est que ce numériseur portable peut obtenir des images avec précision et exactitude d'une morphologie particulière et par conséquent contribuer à la détermination de la surface corporelle totale. Une caractéristique avantageuse du logiciel du numériseur est la correction automatique du bruit indésirable, reproduit par l'environnement de la surface à numériser, telles que les régions des tables sur lesquelles étaient déposées les mannequins, ne les prenant donc pas en compte lors du calcul de la surface corporelle totale.

Toutefois, un des problèmes majeurs que nous avons rencontré était la difficulté de numériser le mannequin si les membres étaient déplacées lors de la numérisation, produisant ainsi des images virtuelles dédoublées. En milieu clinique, cela signifie que les patients devraient rester dans la même position pendant la numérisation, chose qui serait faisable avec des patients ambulants. Par contre, notre préoccupation principale demeure l'évaluation de la surface brûlée des patients grands brûlés, donc des patients qui sont intubés et alités. L'utilité du numériseur serait très restreinte car il serait exhaustif pour l'évaluateur et l'équipe des soins médicaux de développer un protocole de mobilisation afin que les patients soient déplacés en gardant la même position des parties du corps.

Bien que le numériseur portable Go!Scan 3D soit très intéressant pour une éventuelle application dans le calcul de la surface corporelle brûlée en sachant qu'il peut déterminer la surface corporelle totale, donc obtenir les proportions véritables, nous avons dû nous tourner vers une autre méthode d'estimation de la surface corporelle totale en raison du principal désavantage cité ci-haut. La méthode en question se base sur l'évaluation de la surface corporelle totale déterminée grâce aux données anthropométriques des individus. Cette partie de développement des données anthropométriques relève du travail de thèse d'un des membres du Laboratoire d'imagerie en orthopédie (LIO). Ces données anthropométriques ont servi pour générer des mannequins virtuels avec le logiciel MakeHuman. Ce logiciel vise spécifiquement

à modéliser un humain en trois dimensions à partir de multiples paramètres⁵³. L'utilisateur peut avoir accès à des paramètres standardisés tels que le poids, l'âge, la taille jusqu'à des paramètres plus raffinés tels que la forme du nez ou des oreilles⁵⁴.

Pour ce qui est de notre partie du projet, les mannequins virtuels obtenus avec MakeHuman ont été exportés sur le logiciel principal BurnInjuries. Ce dernier a été conçu par l'équipe de LIO afin que l'utilisateur puisse dessiner sur les images des mannequins et représenter des brûlures. Bien qu'il s'agisse d'un projet pilote et qu'il soit dans la première phase de développement, l'avantage de ce logiciel est qu'il peut automatiquement déterminer le ratio brûlé et ne demande pas une formation exhaustive afin de l'utiliser. Dans un premier temps, les volontaires ont estimé la surface corporelle brûlée selon la méthode de Lund-Browder et les diagrammes de papier ont été mis à leur disposition afin de faciliter le calcul. Dans un deuxième temps, les mêmes volontaires ont transposé les brûlures observées sur les mannequins, donc dessiné sur les mannequins virtuels dans le logiciel BurnInjuries. Un biais a alors été évité en cachant aux volontaires le ratio généré par l'ordinateur. Les images virtuelles obtenues avec le MetraScan ont servi de référence afin d'évaluer la surface corporelle totale et par la suite le ratio brûlé pour chaque mannequin. Ces données ont permis de déterminer quelle méthode des deux, soit la méthode avec le logiciel BurnInjuries ou le diagramme de papier, permet de donner une estimation plus rapprochée du vrai calcul. Les résultats d'estimation obtenus à l'aide des diagrammes de papier ont donné des moyennes nettement plus élevées que les résultats de référence, avec des écarts types plus élevés. Cliniquement, cela signifie qu'une surestimation de la surface corporelle brûlée a été effectuée avec cette technique soit de 28, 43, 25 et 37 % pour les mannequins enfant, femme type I, femme type II et homme. De plus, il y a une grande variabilité entre les résultats des volontaires. Ces trouvailles confirment les données dans la littérature, comme quoi il y a une surestimation générale dans l'estimation de la surface corporelle brûlée^{10,14,18,30,31}. En pratique, ceci est expliqué par le manque de similitude entre la morphologie des différents mannequins et le modèle standard de la règle des neuf. À titre d'exemple, le ratio tronc – membres inférieurs est plus petit dans le cas du mannequin femme mince que dans celui proposé dans les diagrammes de papier. L'observateur peut donc se tromper en pensant que la partie antérieure du tronc et abdomen de ce mannequin correspond à 18 % alors qu'en réalité il représente

beaucoup plus peu.

Pour ce qui est de la comparaison entre les pourcentages des surfaces corporelles brûlées avec la méthode des diagrammes Lund-Browder et avec le logiciel, il est intéressant de noter qu'il n'y a pas de différence cliniquement significative entre les résultats des évaluateurs experts et non experts. Pour les deux types d'évaluateurs, les résultats des ratios des surfaces brûlées sont plus précises avec la méthode logiciel et les écarts types plus petits.

Si nous comparons les résultats obtenus lorsque l'ensemble des volontaires ont dessiné les brûlures observées sur le logiciel BurnInjuries, les moyennes obtenues sont très similaires aux résultats de référence. Les valeurs des écarts types sont plus rapprochées que dans le cas des résultats obtenus avec les diagrammes en papier, signifiant qu'il y a moins de variabilité entre les résultats, et ce, même en comparant les résultats des volontaires avec ou sans formation médicale. Ceci conclut qu'avec le logiciel, il existe moins de variabilité inter-observateur, donc il permet d'obtenir des résultats plus standardisés et ce, pour tous les types de morphologie des mannequins. De plus, il est intéressant de noter les résultats de surface corporelle totale obtenus avec les données anthropométriques. L'écart de ces valeurs comparativement aux surfaces corporelles de référence obtenues avec le MetraScan sont de 5,7; 0,94; 2,1; 1,7 %. Ces résultats demeurent très satisfaisants compte tenu que le logiciel MakeHuman ayant servi pour générer les mannequins virtuels a été configuré par le fabricant selon des modèles humains et non des mannequins commerciaux^{53,54}.

Le besoin de développer un outil permettant d'estimer la surface corporelle brûlée a bien été démontré dans la littérature^{10,14, 15,31}. Une estimation précise de la surface corporelle brûlée permet d'évaluer les besoins volémiques et nutritionnels des brûlés et leur pronostic de survie²⁻⁴. Cela permet également d'optimiser la planification opératoire, en termes de surface de sites donneurs pour des greffes de peau ou de substituts cutanés³⁹.

L'évaluation de la surface corporelle brûlée en utilisant des données anthropométriques dans un logiciel peut certes paraître prometteuse. Cela permettrait de contrer aux problèmes d'estimation causés par la morphologie différente des patients et la variabilité inter-

observateur^{7,10,23-25}. Ceci deviendrait un outil fort utile au clinicien. Toutefois, avant d'en effectuer une application clinique, plusieurs aspects devraient être améliorés. Premièrement, les mesures anthropométriques ne devraient pas dépasser cinq afin de faciliter la prise de mesures par l'évaluateur et permettre son utilisation dans un contexte clinique. Un projet de thèse est en cours par un des membres du LIO afin de déterminer quelles données parmi les 19 sont les plus représentatives afin de calculer la surface corporelle totale. Deuxièmement, le logiciel BurnInjuries pourrait être développé davantage pour inclure différentes caractéristiques telles que la représentation de différents degrés de brûlures avec le ratio calculé pour chaque degré, une formule de Parkland (réanimation volémique), les régions des sites donneurs, des photographies des régions brûlées qui pourraient y être annexées. Ceci aurait le potentiel de devenir un outil pour le suivi du patient en ce qui concerne la planification opératoire et l'évolution des cicatrices. Contrairement, aux logiciels disponibles sur le marché, qui permettent d'estimer la surface corporelle brûlée, ce logiciel se basant sur les données anthropométriques a pour avantage d'obtenir la vraie morphologie du patient et dans un deuxième temps de contribuer à une évaluation plus exacte des ratios de surface brûlée. Pour ce qui est du numériseur portable à lumière blanche, il pourrait avoir sa place dans un contexte de suivi clinique lorsque les patients peuvent rester immobiles, avec le potentiel de générer des images 3D pour la fabrication des vêtements compressifs et orthèses sur mesure.

Conclusion

Dans ce projet, l'objectif était de contribuer à la validation d'une méthode permettant de calculer avec une meilleure précision la surface corporelle et éventuellement la surface corporelle brûlée. Deux outils ont été validés. D'abord, l'utilisation d'un numériseur portable à lumière blanche, Go! Scan 3D nous a permis de constater qu'il peut déterminer la surface corporelle totale avec précision et exactitude, et ce, selon tout type de morphologie. Par contre, en raison de la difficulté d'adapter ce dernier aux situations cliniques, à la suite des restrictions de positionnement, une deuxième méthode se basant sur les données anthropométriques a été proposée. Ces mesures anthropométriques ont servi pour générer des mannequins virtuels qui ont permis de transposer les images dans un logiciel permettant de représenter des patients et faciliter l'identification des brûlures. La comparaison des moyennes des pourcentages du logiciel avec les diagrammes de Lund-Browder et des ratios véritables a permis de conclure que la méthode informatisée est plus exacte et précise. Les données anthropométriques sont un outil prometteur dans l'évaluation de la surface corporelle brûlée puisqu'elles permettent de répliquer la morphologie particulière et par conséquent, d'évaluer avec exactitude le ratio de surface corporelle brûlée.

Bibliographie

- [1] *Burn Center Referral Criteria. Guidelines for the Operation of Burn Centers* (pp 79-86). Resources for Optimal Care of the Injured Patient 2006, Committee on Trauma, American College of Surgeons.
- [2] Cancio LC. *Initial assessment and fluid resuscitation of burn patients*. Surg Clin North Am. 2014 August;94(4):741-54.
- [3] Parvizi D et al. *The potential impact of wrong TBSA estimations on fluid resuscitation in patients suffering from burns : things to keep in mind*. Burns. 2014 March;40(2):241-5.
- [4] Hettiaratchy S, Papini R. *Initial management of a major burn : II - assessment and resuscitation*. BMJ 2004 Jul 10; 329(7457): 101-103.
- [5] Wallace AB. *The exposure treatment of burns*. Lancet 1951; 260:501.
- [6] Lund C, Browder N. *The estimation of area of burns*. Surg Gynecol Obstet. 1944;79:352.
- [7] Williams RY, Wohlgemuth SD. *Does the "Rule of Nines" apply to morbidly obese burn victims?* J Burn Care Res. 2013 Jul-Aug 2013;34(4):447-52.
- [8] Jose RM et al. *Burns area estimation-an error perpetuated*. Burns 2004 August;30(5):481-2.
- [9] Nichter LS et al. *Improving the accuracy of burn- surface estimation*. Plast Reconstr Surg 1985;76:428-32.
- [10] Nichter LS, Bryant CA, Edlich RF. *Efficacy of burned surface area estimates calculated from charts - the need for a computer-based model*. J Trauma. 1985 June;25(6):477-81.
- [11] Baxter Cr, Shires T. *Physiological response to crystalloid resuscitation of severe burns*. Ann N Y Acad Sci. 1968 Aug 14;150(3):874-94.
- [12] Rae L et al. *Differences in resuscitation in morbidly obese patients may contribute to high mortality*. J Burn Care Res. 2013 Sep-Oct;34(5):507-14.
- [13] Klein MB et al. *The association between fluid administration and outcome following major burn*. Ann Surg. 2007 April;245(4):622-628.
- [14] Harish V et al. *Accuracy of burn size estimation in patients transferred to adult Burn Units in Sydney, Australia: an audit of 698 patients*. Burns. 2015 Feb;41(1):91-9.

- [15] Hammond JS, Ward CG. *Transfers from emergency room to burn center: errors in burn size estimate*. J Trauma Injury Infect Crit Care 1987;27:1161–5.
- [16] Freiburg C et al. *Effects of differences in percent total body surface area estimation on fluid resuscitation of transferred burn patients*. J Burn Care Res 2007;28:42–8.
- [17] Berkebile BL, Goldfarb IW, Slater H. *Comparison of burn size estimates between prehospital reports and burn center evaluations*. J Burn Care Rehabil 1986;7:411–2.
- [18] Berry CCP, Wachtel TMD, Frank H. *Differences in burn size estimates between community hospitals and a burn center*. J Burn Care Rehabil 1982;3:176–8.
- [19] DuBois D, DuBois E. *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*. Arch Intern Med 1916;17:863-71.
- [20] Neaman KC et al. *A new method for estimation of involved BSAs for obese and normal-weight patients with burn injury*. J Burn Care Res. 2011 May-June; 32(3):421-8
- [21] Muir IFK, Barclay TH, Settle JAD. *Burns and their treatment*. London: Butterworth; 1987.
- [22] Miminis D. *A critical evaluation of the Lund and Browder chart*. Wounds 2007; 3:3.
- [23] Livingston EH, Lee S. *Body surface area prediction in normal-weight and obese patients*. Am J Physiol Endocrinol Metab 2001;281:586-91
- [24] Livingston EH, Lee S. *Percentage of burned body surface area determination in obese and non obese patients*. J Surg Res 2000; 91:106-10.
- [25] Neaman KC et al. *A new method for estimation of involved BSAs for obese and normal-weight patients with burn injury*. J Burn Care Res. 2011 May-June; 32(3):421-8.
- [26] Hidvegi N et al. *Estimation of breast burn size*. Plast Reconstr Surg. May 2004;113(6):1591-7.
- [27] Rossiter ND et al. *How big is a hand?* Burns 1996;22:230-1.
- [28] Jose RM et al. *Burns area estimation-an error perpetuated*. Burns 2004 August;30(5):481-2.
- [29] Rhodes J, Clay C, Phillips M. *The surface area of the hand and the palm for estimating percentage of total body surface area: result of a meta-analysis*. Br J Dermatol. 2013 Jul;169(1):76-84.
- [30] Alm JA. *Retrospective study of TBSA-B calculating; Manually estimated Burnchart versus computerized Burn Charts*, Bergen Norway. In: Proceedings of the 10th Congress European Burns Association Bergen Norway, 158; 10.9.2003 [Program and abstracts].
- [31] Berry MG et al. *Digitisation of total burn surface area*. Burns 2006;2006:684–8.

- [32] Wachtel TL et al. *Computer assisted estimate of the area and depth of burn*. J Burn Care Res 1983;4:255-9.
- [33] Neuwalder JM et al. *A review of computer-aided body surface area determination: SAGE II and EPRI's 3D Burn Vision*. J Burn Care Rehabil 2002;23:55-9;discussion 54.
- [34] Tuch DS, Lee RC. *Three-dimensional wound surface area calculations with a CAD surface element model*. IEEE Trans Biomed Eng 1998;45:1397-400.
- [35] Lee RC, Kicska G, Mankani MH. *A three-dimensional computerized burn chart: stage I: development of three-dimensional renderings*. J Burn Care Rehabil 1994;15:80 – 3.
- [36] Lee RC, Kicska G, Mankani MH. *A three-dimensional computerized burn chart: stage II: assessment of accuracy*. J Burn Care Rehabil 1994;15:191–2.
- [37] Williams JF et al. *Comparison of traditional burn wound mapping with a computerized program*. J Burn Care Res 2013;34:c29-c35.
- [38] Ahn CS et al. *Improving accuracy of burn referrals through the use of an internet-based burns chart*. Eur J Plastic Surg 2011;5:331-5.
- [39] Haller HL et al. *“Understanding burns”: research project BurnCase 3D-overcome the limits of existing methods in burns documentation*. Burns. 2009;35:311-317.
- [40] Goldberg H et al. *A mobile app for measuring the surface area of a burn in three dimensions : comparison to the Lund and Browder assessment*. J Burn Care Res. Nov-Dec 2014;35(6):480-3.
- [41] Godwin ZR et al. *Development of novel smart device based application for serial wound imaging and management*. Burns 2013;39(November (7)):1395–402.
- [42] Goldwin Z et al. *Development and evaluation of a novel smart device-based application for burn assessment and management*. Burns 2014 Nov 7.
- [43] Gee Kee EL et al. *3D photography is a reliable burn wound area assessment tool compared to digital planimetry in very young children*. Burns 2015 Feb 21.
- [44] Stockton KA et al. *3D photography is as accurate as digital planimetry in determining burn wound area*. Burns 2015 Feb;41(1):80-4.
- [45] Jones PRM et al. *Format for Human Body Modelling from 3D Body Scanning*, Int'l J. Clothing Science Technology, Mar. 1995, pp. 7-16.
- [46] Demers MH et al., *“Three-Dimensional Surface Capture for Body Measurement Using Projected Sinusoidal Patterns,” Proc. SPIE*, Mar. 1997, pp.13-25.
- [47] Horiguchi C. BL (Body Line) Scanner: *The Development of a New 3D Measurement*

and Reconstruction System. Int'l Archive Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 32, 1998, pp. 421-429.

[48] Faugeras O. *Three-dimensional computer vision*. London: MIT Press; 1993. pp. 165-243.

[49] Geng J. *Structured-light 3D surface imaging: a tutorial*. IEEE. March 2011.

[50] Valkenburg RJ, McIvor AM. *Accurate 3D measurement using a structured light system*. Image Vision Comput. 16(2), 99–110 (1998).

[51] Heike CL al. *Picture perfect? Reliability of craniofacial anthropometry using three-dimensional digital stereophotogrammetry*. Plast Reconstr Surg 2009;124:1261–1272

[52] Weinberg SM et al. *Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system*. Cleft Palate Craniofac J 2004;41:507–518.

[53] Bastioni M, Re S, Misra S. *Ideas and methods for modeling 3D human figures: the principal algorithms used by MakeHuman and their implementation in a new approach to parametric modeling*. Conference: Proceedings of the 1 Bangalore Annual compute Conference, Compute 2008, Bangalore, India.

[54] VanDeun D, Verhaert V, Buys K et al. *Automatic generation of personalized human models based on body measurements*. Conference International symposium on digital human modeling edition 1, Lyon, Juin 2011.